	<p>Министерство науки и высшего образования Российской Федерации Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» (МГТУ им. Н.Э. Баумана)</p>
---	--

ФАКУЛЬТЕТ «ИНФОРМАТИКА И СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ»

КАФЕДРА «ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭВМ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»

ОТЧЕТ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ №7 ПО ДИСЦИПЛИНЕ: ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОНИКИ “ПОЛЕВОЙ ТРАНЗИСТОР”

Студент: **Зернов Георгий Павлович**

Группа: **ИУ7-34Б**

Вариант: **86**

Название предприятия: **НУК ИУ МГТУ им. Н. Э. Баумана**

Студент _____ **Зернов Г.П.**

Преподаватель _____ **Оглоблин Д.И.**

2024

Оглавление

ЦЕЛЬ ПРАКТИКУМА	3
ХОД РАБОТЫ	4
Эксперимент 7	4
Эксперимент 8	12
Эксперимент 9	17
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	19

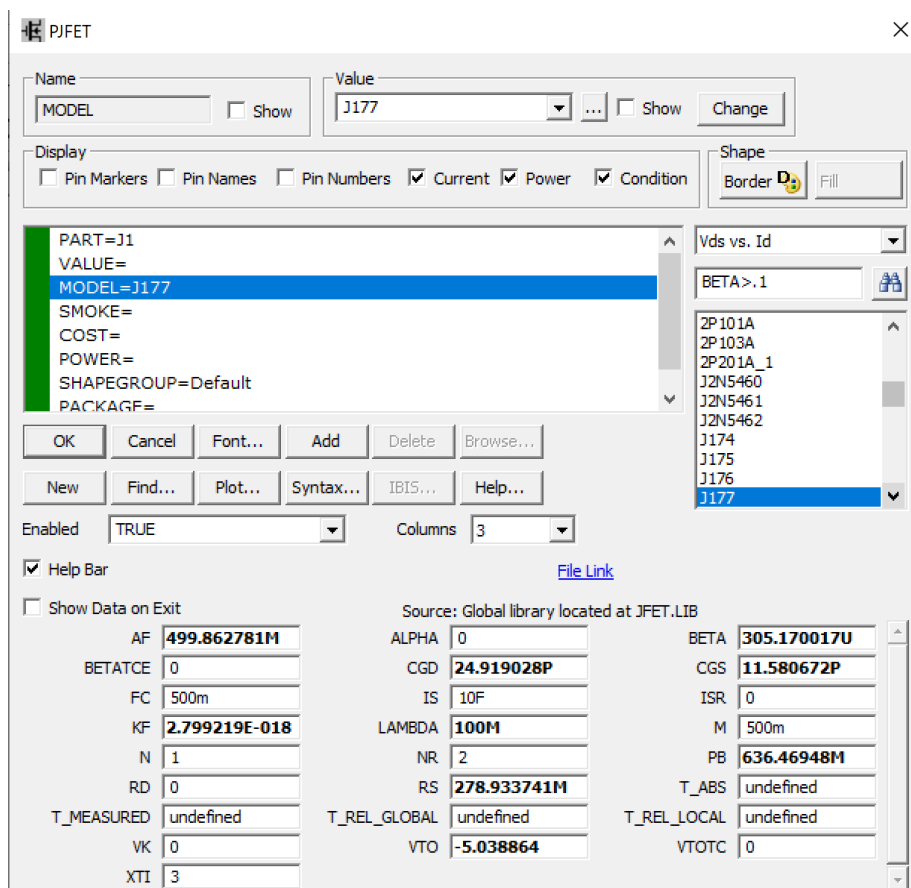
ЦЕЛЬ ПРАКТИКУМА

Получить навыки в использовании базовых возможностей программы Microcap и знания при исследовании и настройке усилительных, ключевых и логических устройств на биполярных и полевых транзисторах.

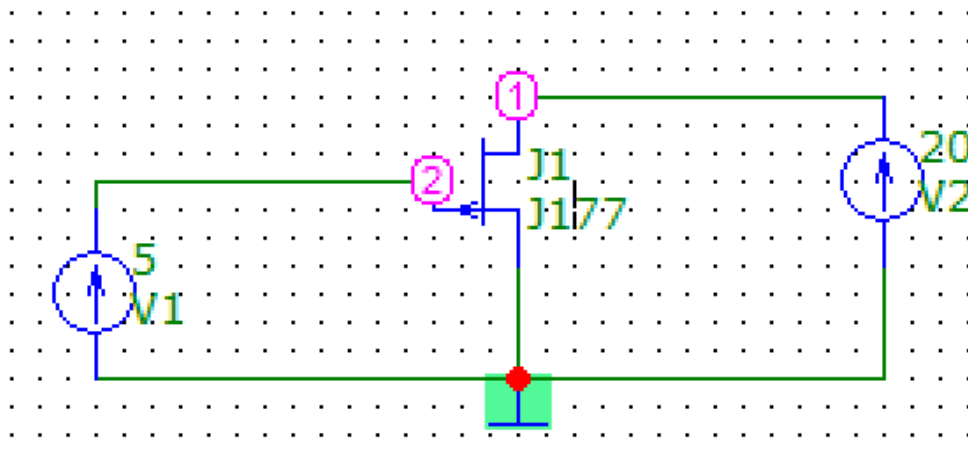
ХОД РАБОТЫ

Эксперимент 7

В работе используется pJFET-транзистор J177:



Соберём схему:



С помощью режима DC Analysis получим переходную характеристику транзистора:

DC Analysis Limits

Run Add Delete Expand... Stepping... Properties... Help...

Sweep

Variable	Method	Name	Range
Variable 1	Linear	V1	5, 0, 0.1
Variable 2	List	V2	-2, -5, -10

Temperature

Method	Range
Linear	27

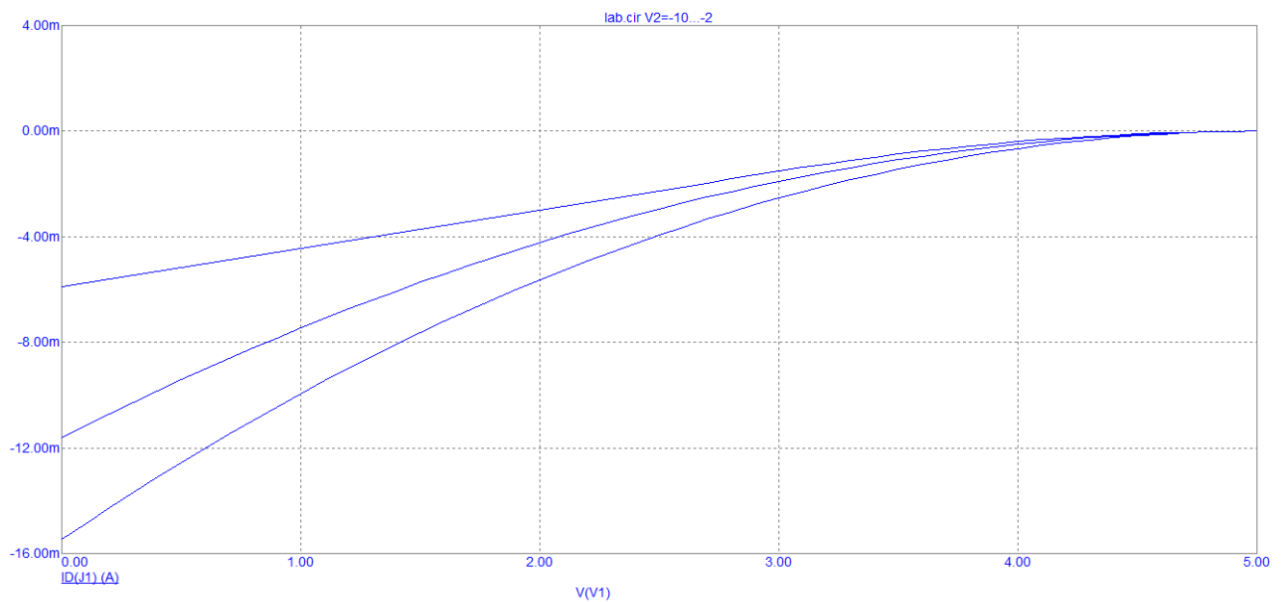
Number of Points: 51

Maximum Change %: 5

Run Options: Normal ☒ Auto Scale Ranges ☐ Accumulate Plots

☐ Ignore Expression Errors

	Page	P	X Expression	Y Expression	X Range	Y Range
<input checked="" type="checkbox"/>		1	DCINPUT1	ID(J1)	AutoAlways	AutoAlways
<input checked="" type="checkbox"/>					AutoAlways	AutoAlways
<input checked="" type="checkbox"/>					AutoAlways	AutoAlways



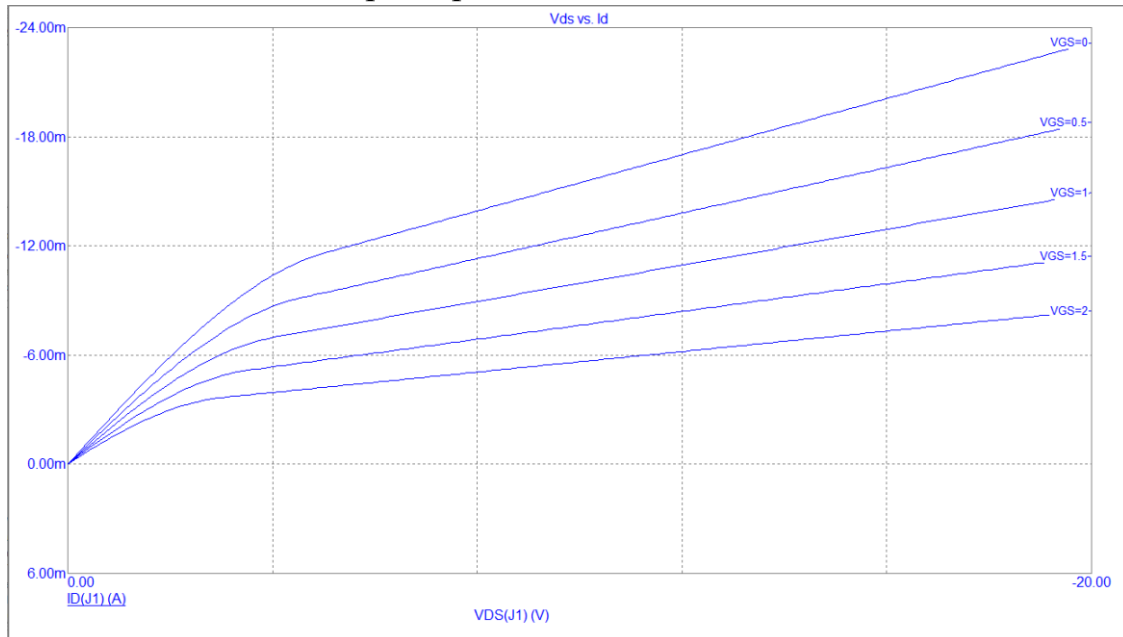
Из графика найдём напряжение отсечки и крутизну:

$$U_{отс} := 4.5$$

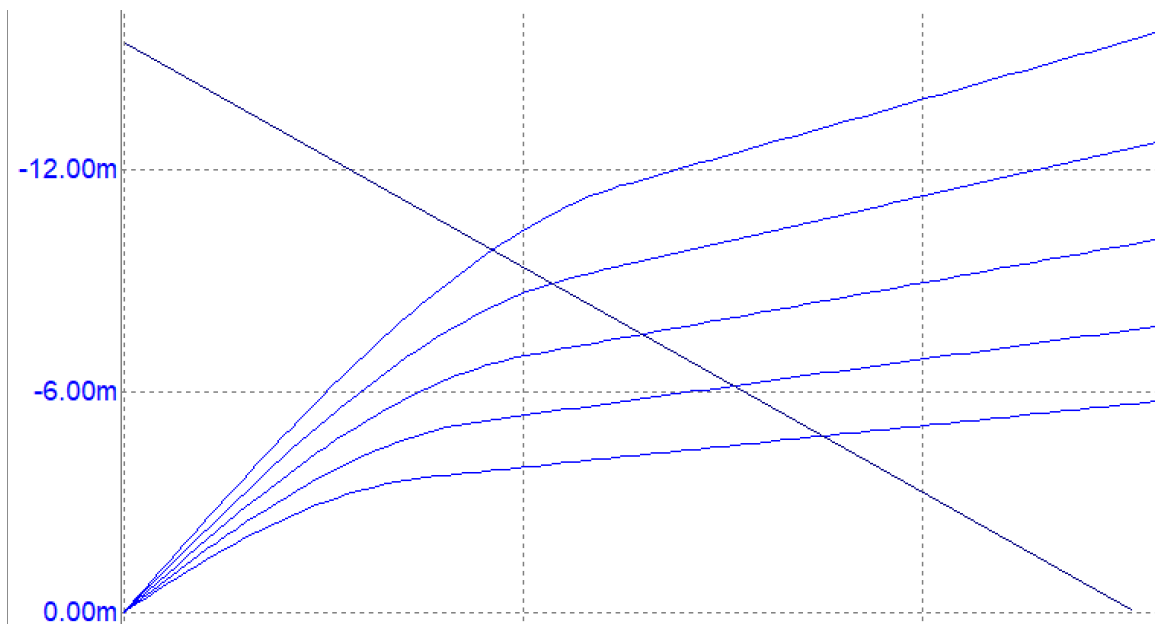
$$U := \begin{pmatrix} 2 \\ 5 \\ 10 \end{pmatrix} \quad I := \begin{pmatrix} 5.96 \cdot 10^{-3} \\ 11.62 \cdot 10^{-3} \\ 15.46 \cdot 10^{-3} \end{pmatrix}$$

$$S := 2 \cdot \frac{I}{U_{отс}} \quad S = \begin{pmatrix} 2.649 \times 10^{-3} \\ 5.164 \times 10^{-3} \\ 6.871 \times 10^{-3} \end{pmatrix}$$

Выведем выходные характеристики с помощью V_{ds} vs. I_d :



Построим нагрузочную прямую:



На середине нагрузочной прямой возьмём рабочую точку и из закона Кирхгофа найдём сопротивление строка для данной рабочей точки:

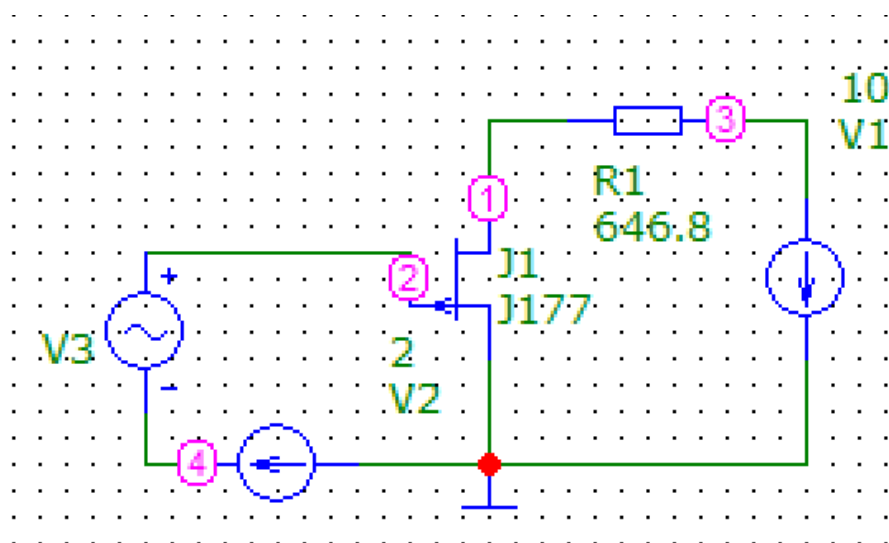
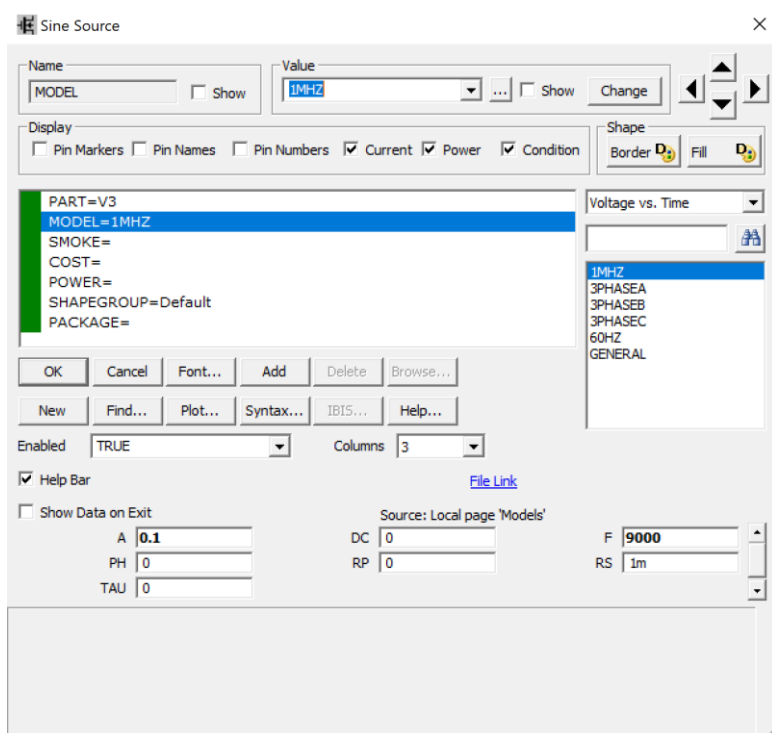
$$U_{PT} := 5$$

$$I_{PT} := 7.73 \cdot 10^{-3}$$

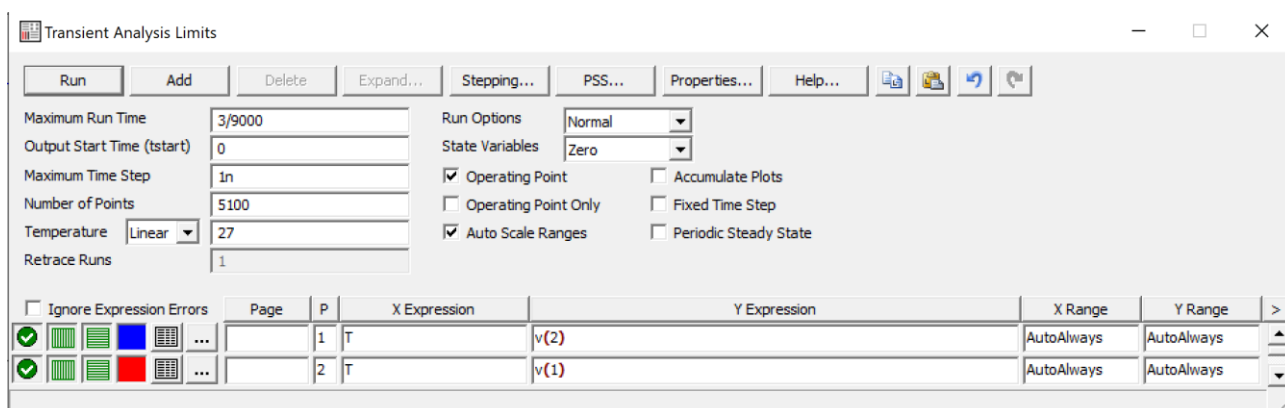
$$E_k := 10$$

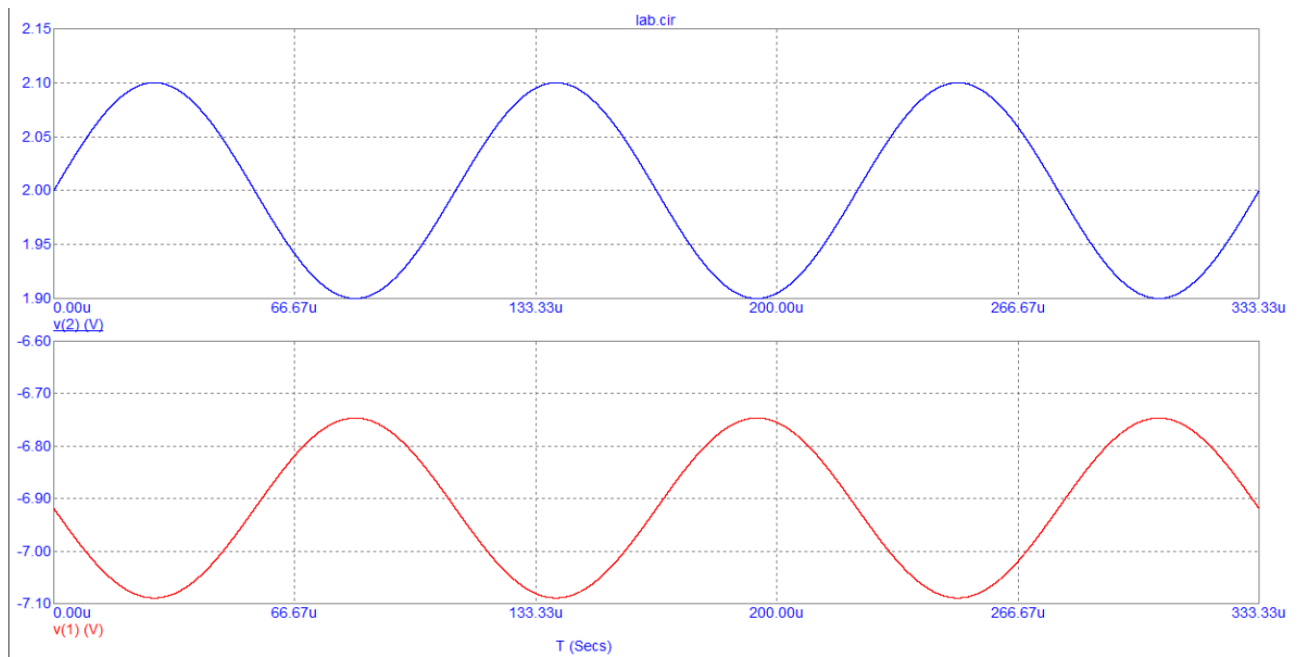
$$R := \frac{(E_k - U_{PT})}{I_{PT}} \quad R = 646.831$$

Соберём усилитель на JFET-транзисторе для данной рабочей точки:



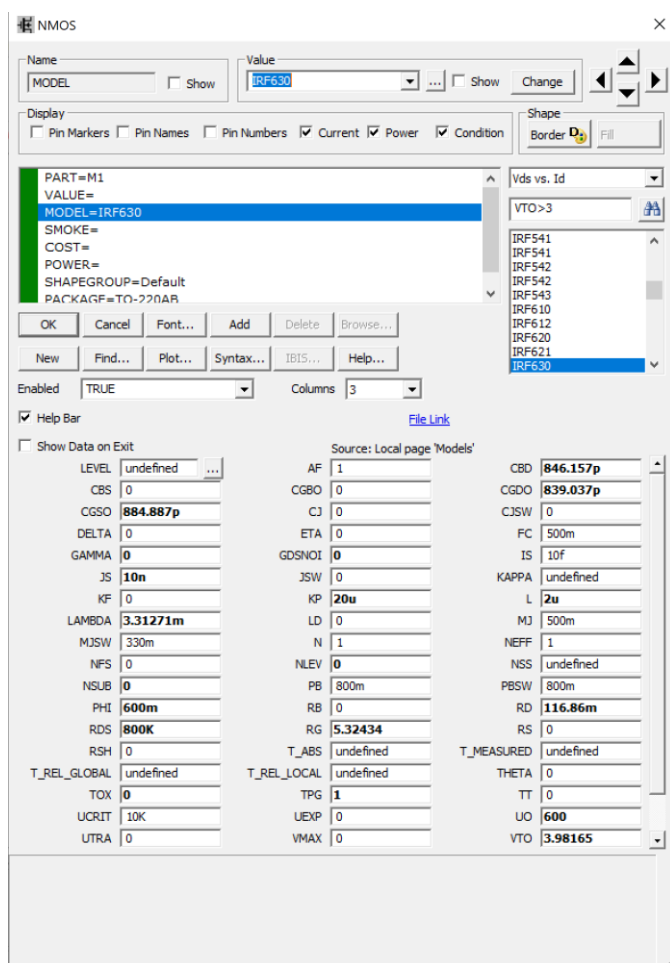
С помощью режима Transient Analysis получим графики усиления сигнала:



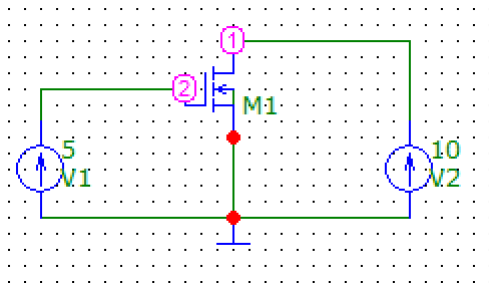


Коэффициент усиления: $K = 0.35 / 0.2 = 1.75$

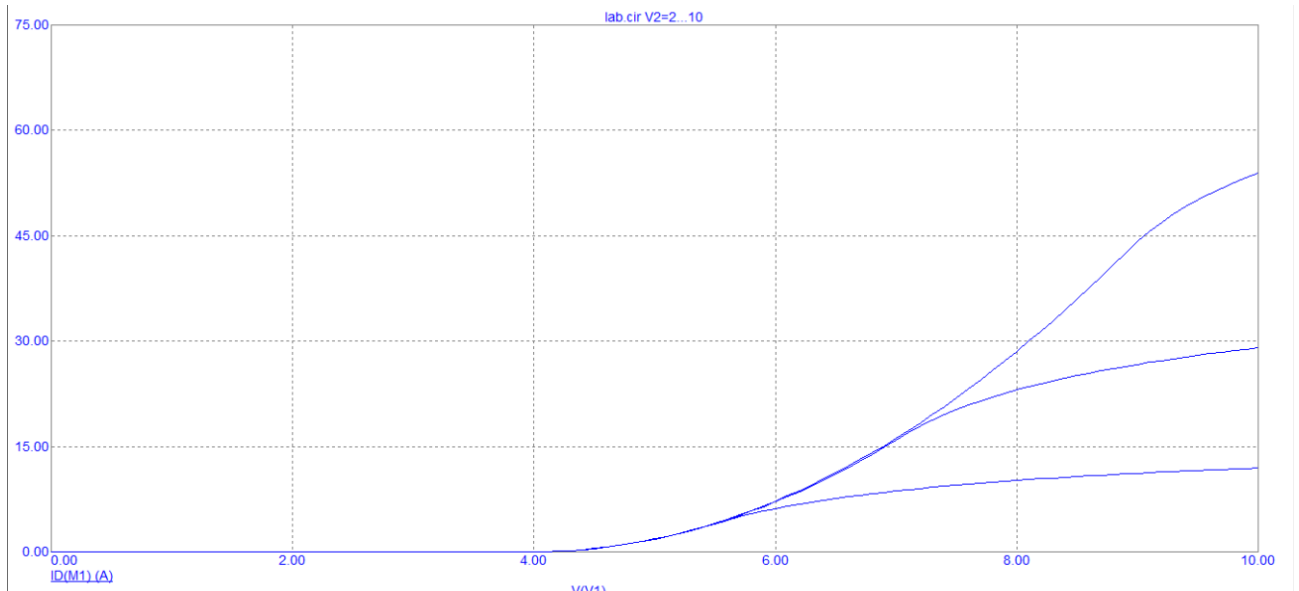
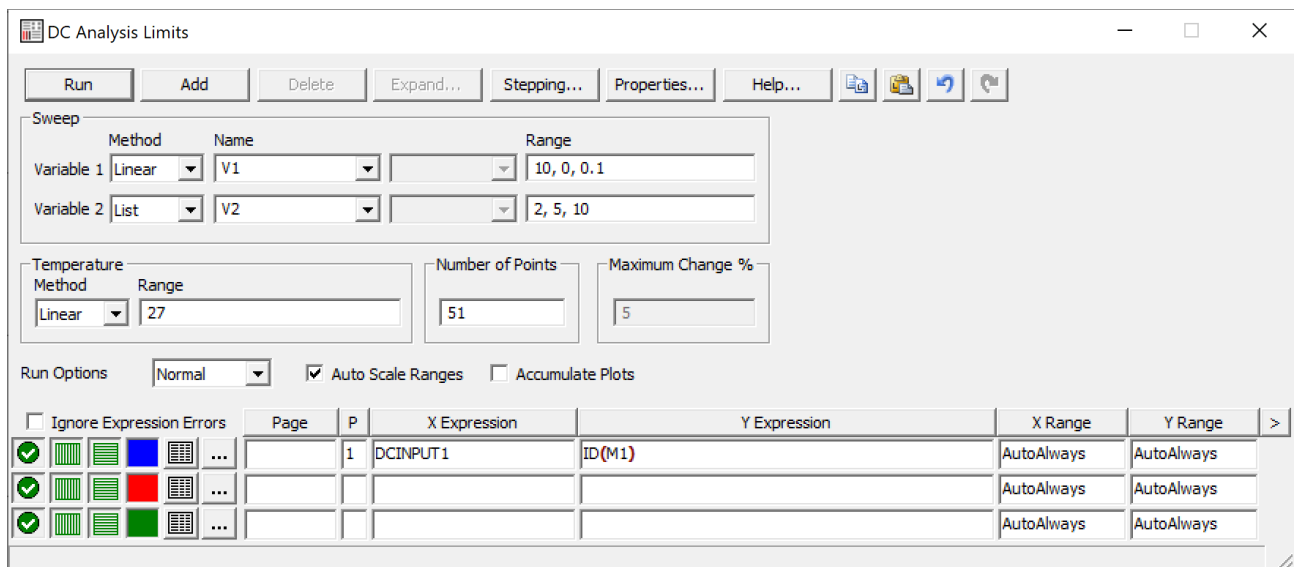
В работе используется nMOS IRF630:



Соберём схему для получения переходной характеристики мосфета:

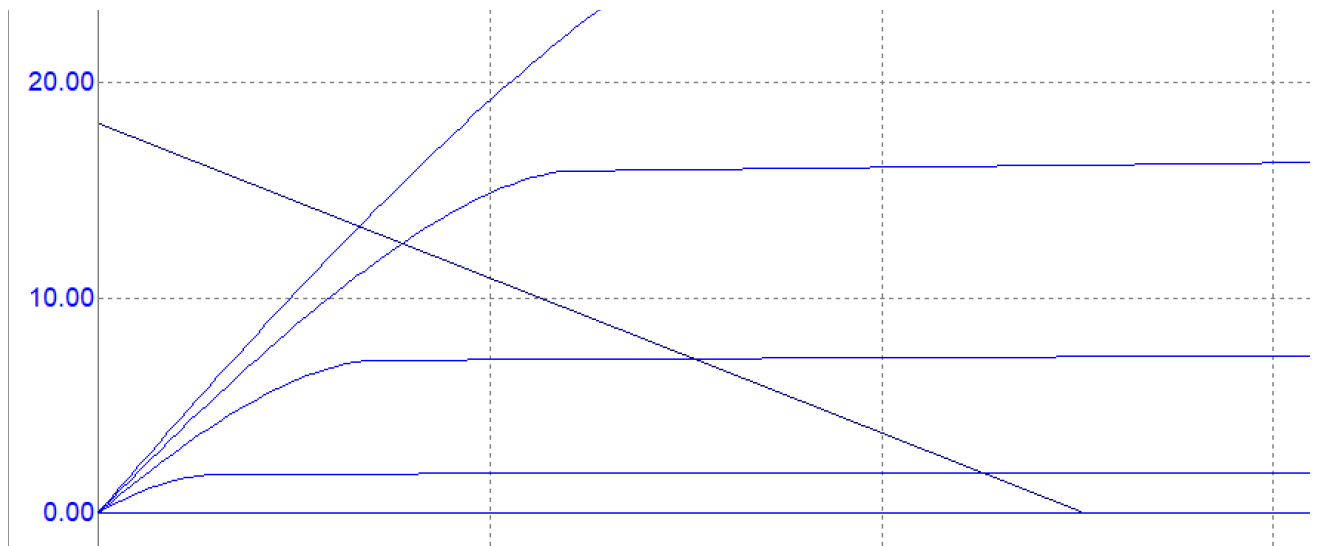


С помощью режима DC Analysis получим переходную характеристику мосфета:



Заметим, что мосфет открывается примерно при 4.3(V).

Выведем выходные характеристики с помощью V_{ds} vs. I_d и построим нагрузочную прямую:

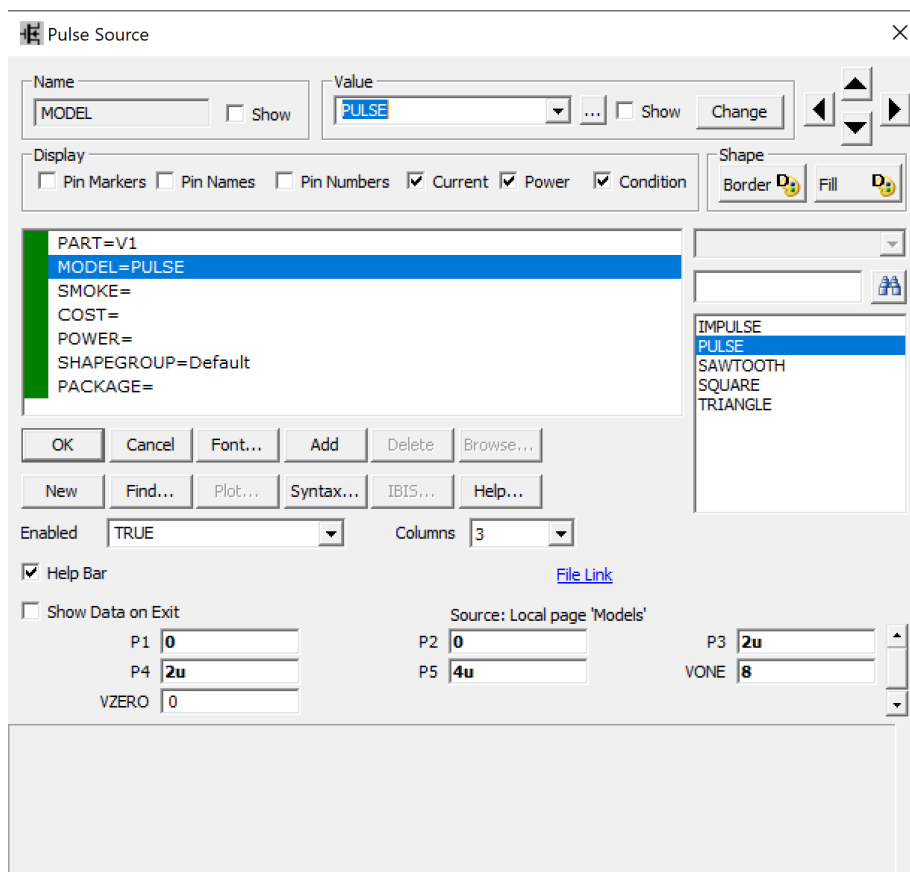


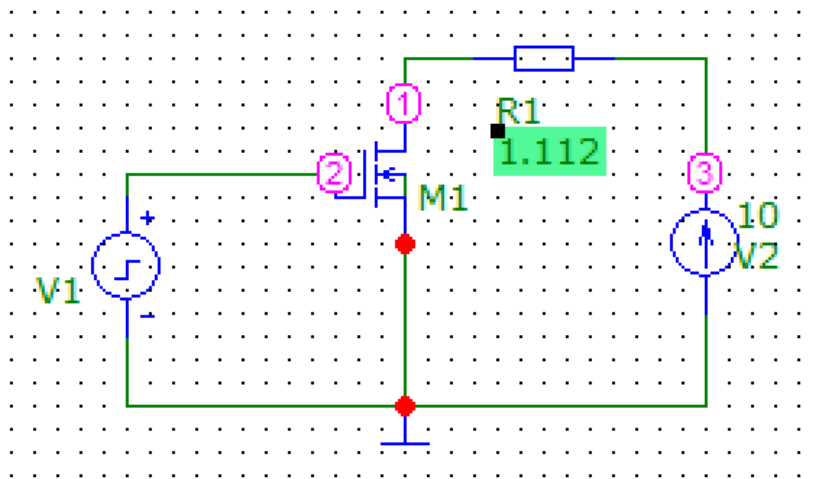
Для неё рассчитаем сопротивление стока:

$$I := 18$$

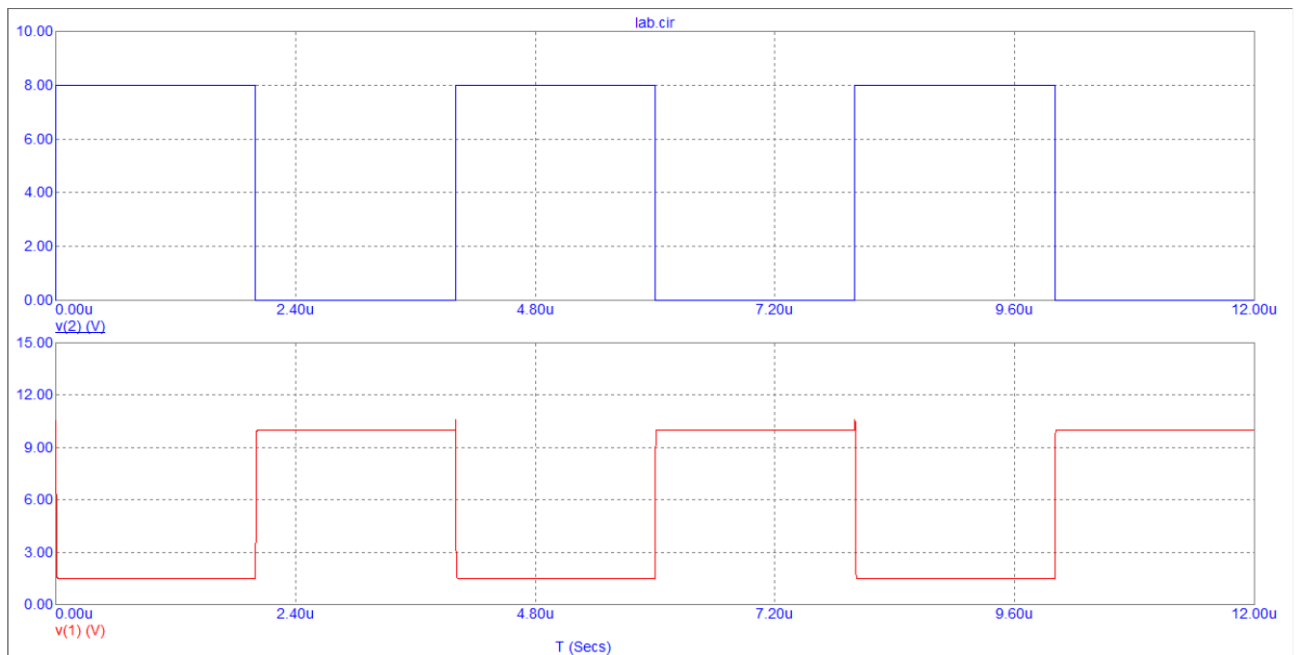
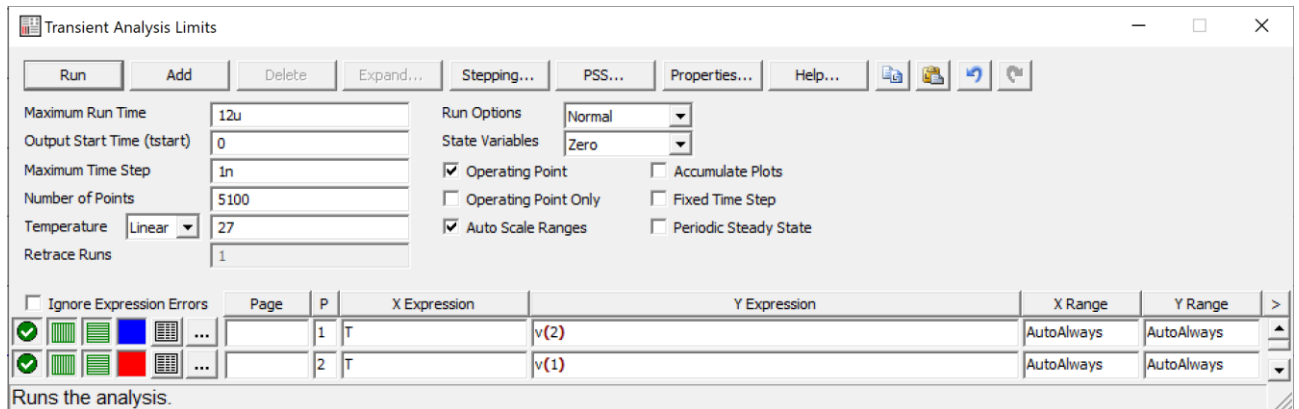
$$E_k := 20 \quad R_d := \frac{E_k}{I} \quad R_d = 1.111$$

Для полученного сопротивления стока соберём схему ключа на этом транзисторе:



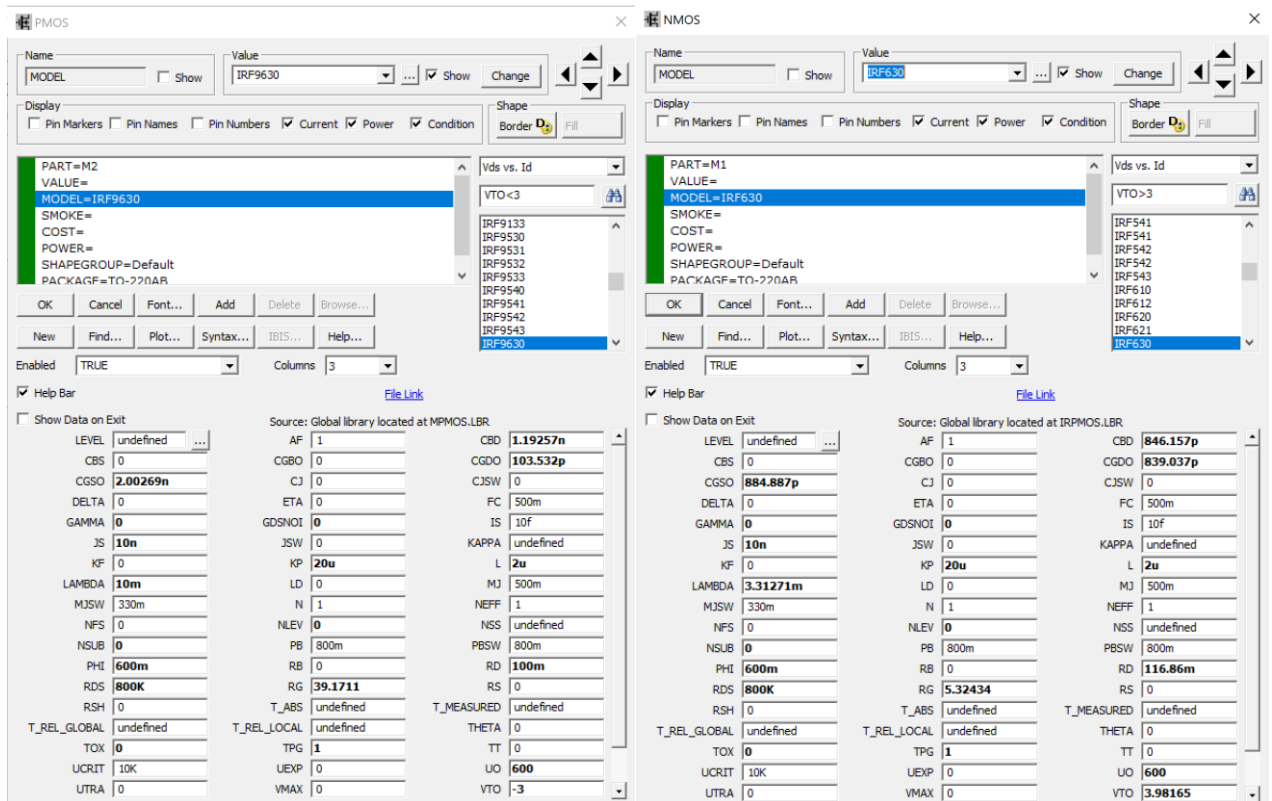


С помощью режима Transient Analysis продемонстрируем характеристики данного ключа:

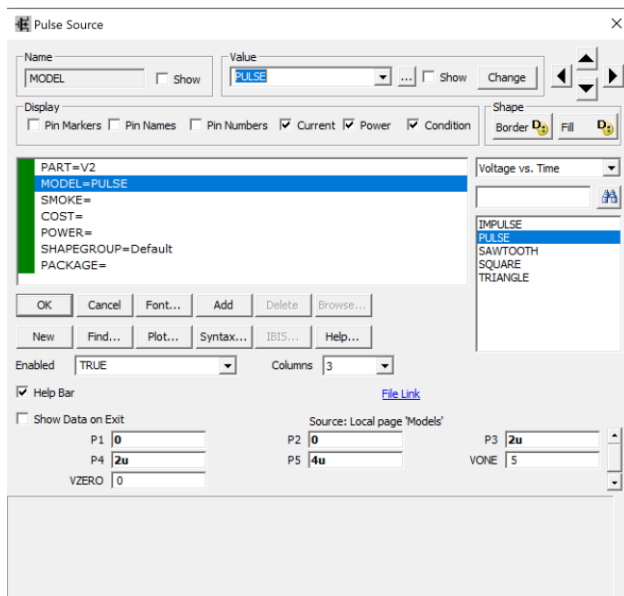


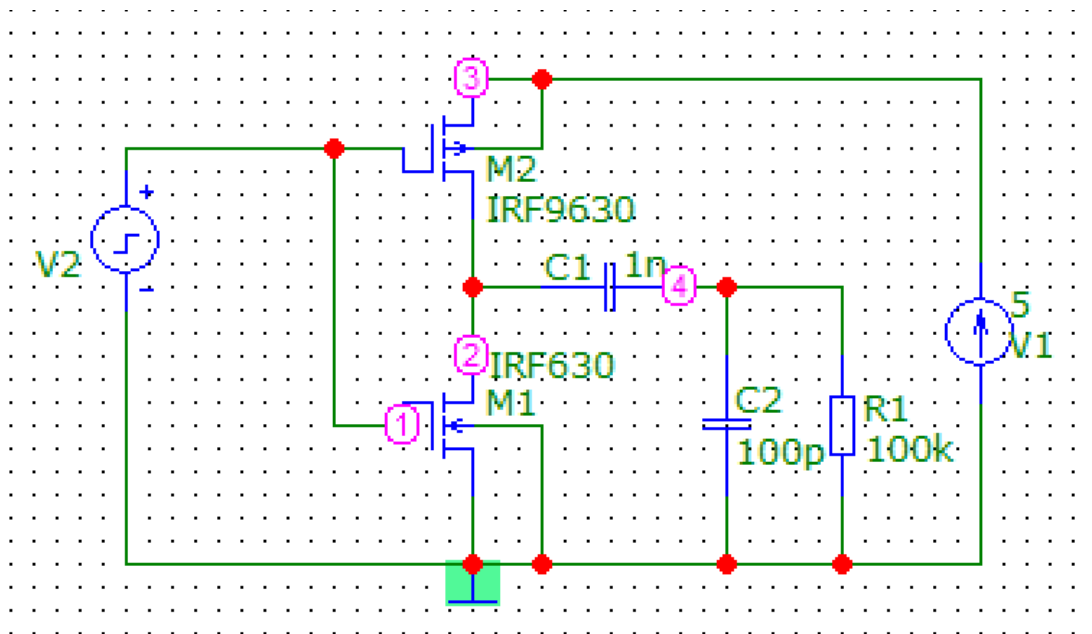
Эксперимент 8

В работе используются nMOS IRF630 и pMOS IRF9630:

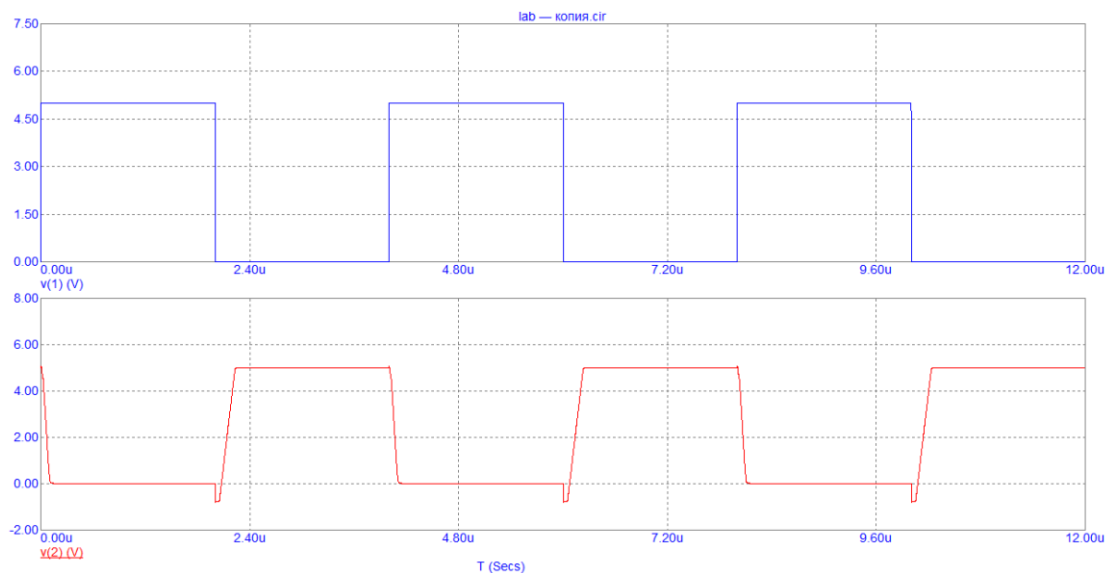
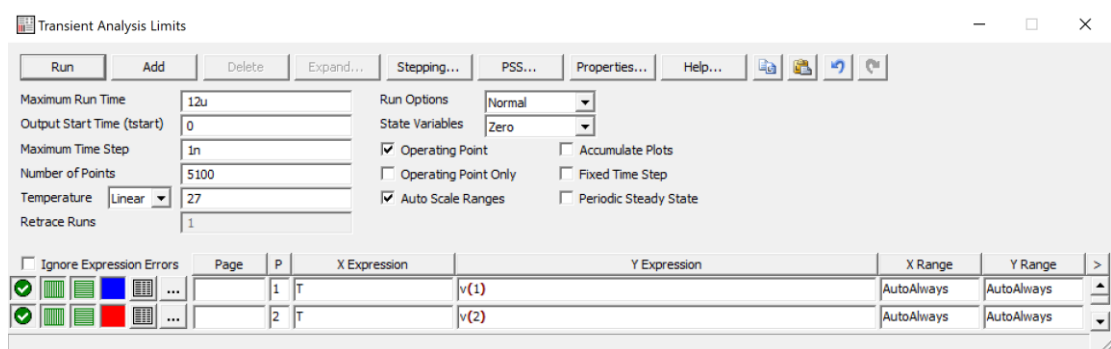


Соберём схему КМОП цифрового ключа:

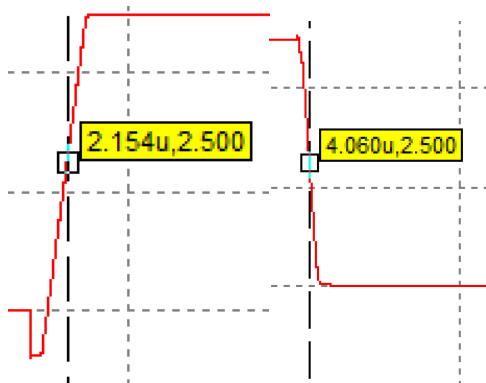




С помощью режима Transient Analysis продемонстрируем характеристики данного ключа:



Рассчитаем задержку по уровню 0.5:

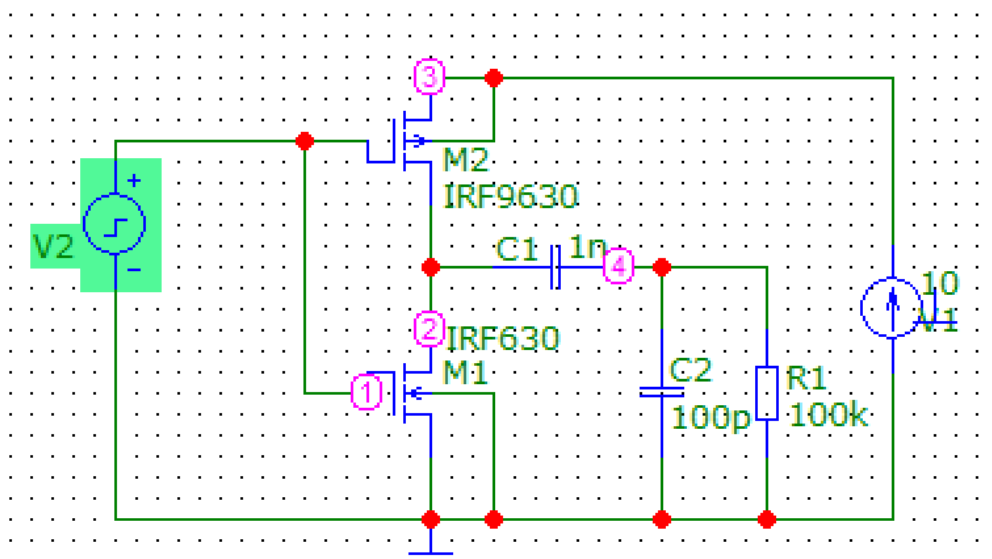


Из этого:

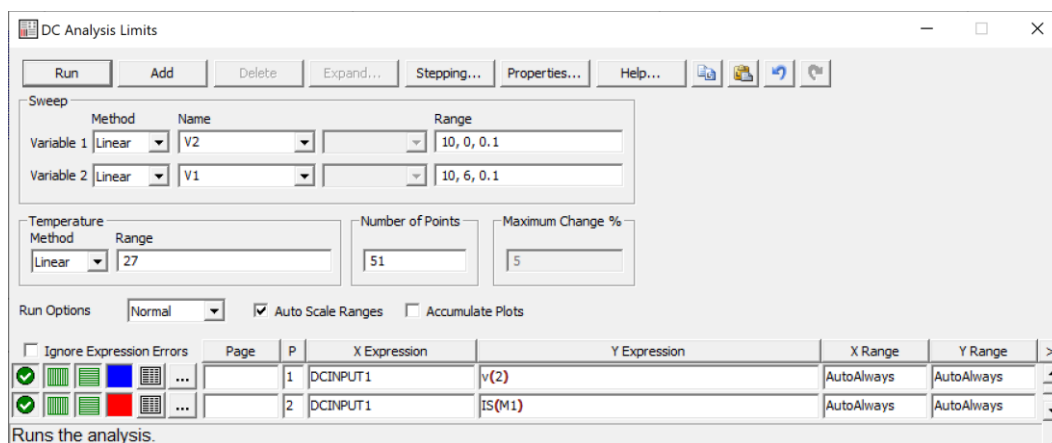
- Задержка перехода 0-1: 0.154(мкс)
- Задержка перехода 1-0: 0.060(мкс)

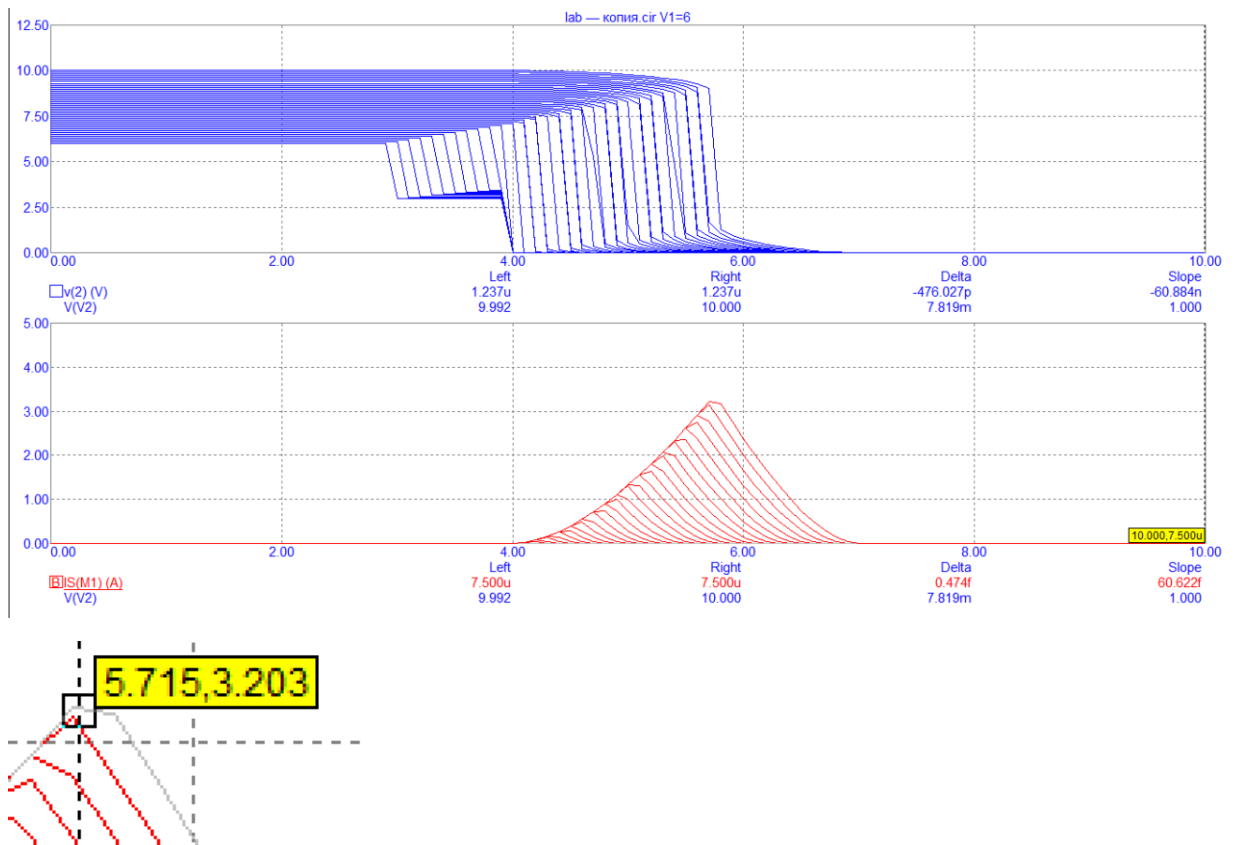
Тогда задержка $T=0.107$ (мкс)

Заменим в схеме ключа источник питания на 10(V) для получения передаточной характеристики:



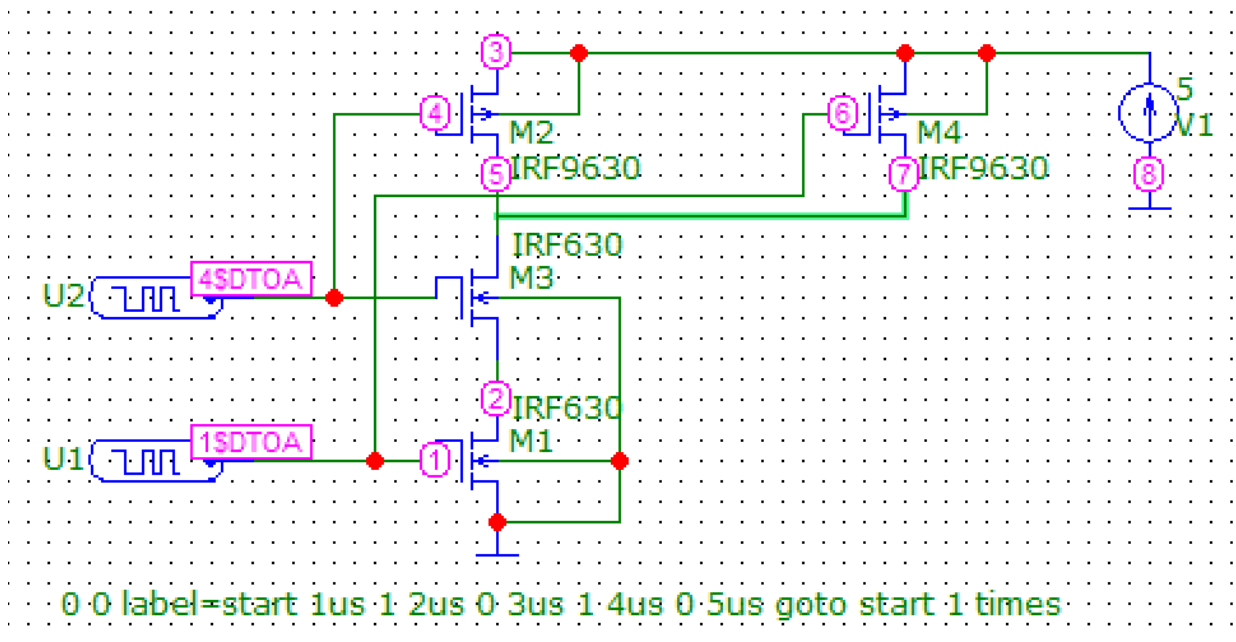
С помощью режима DC Analysis получим передаточную характеристику:





Максимальный ток достигается при $U=10(V)$ и равен $3.2(A)$.

Соберём схему, выполняющую логическую функцию 2И-НЕ:



С помощью режима Transient Analysis проверим её работу:

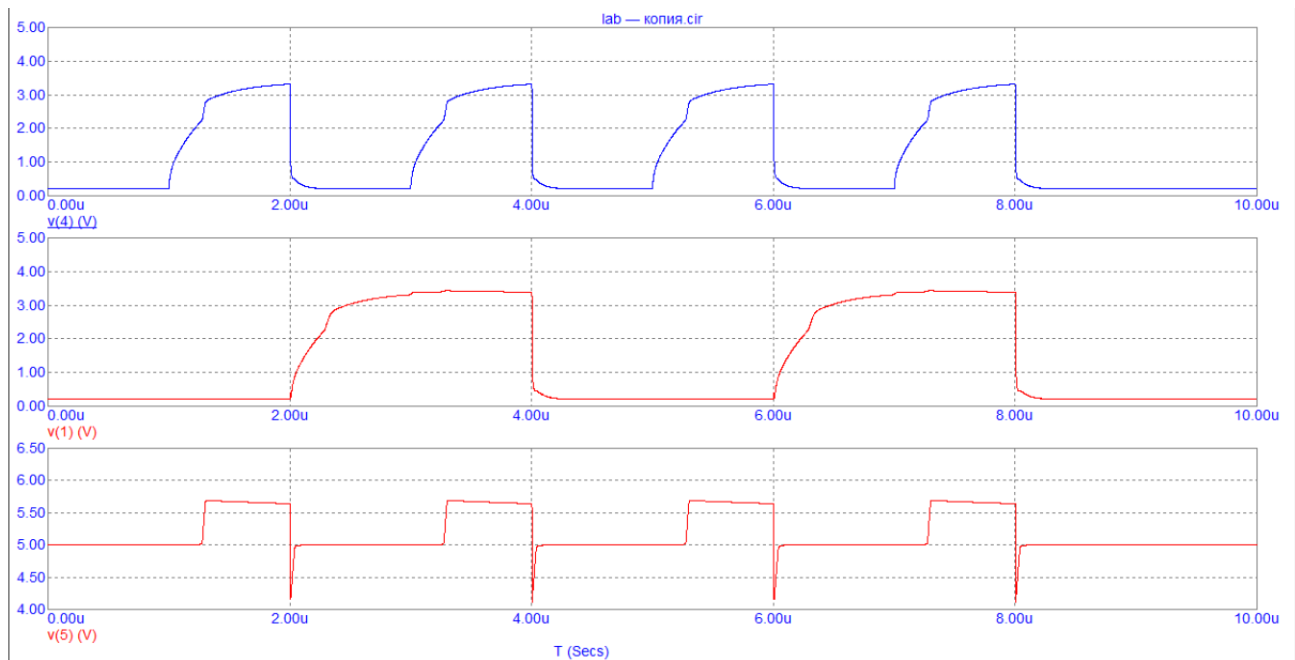
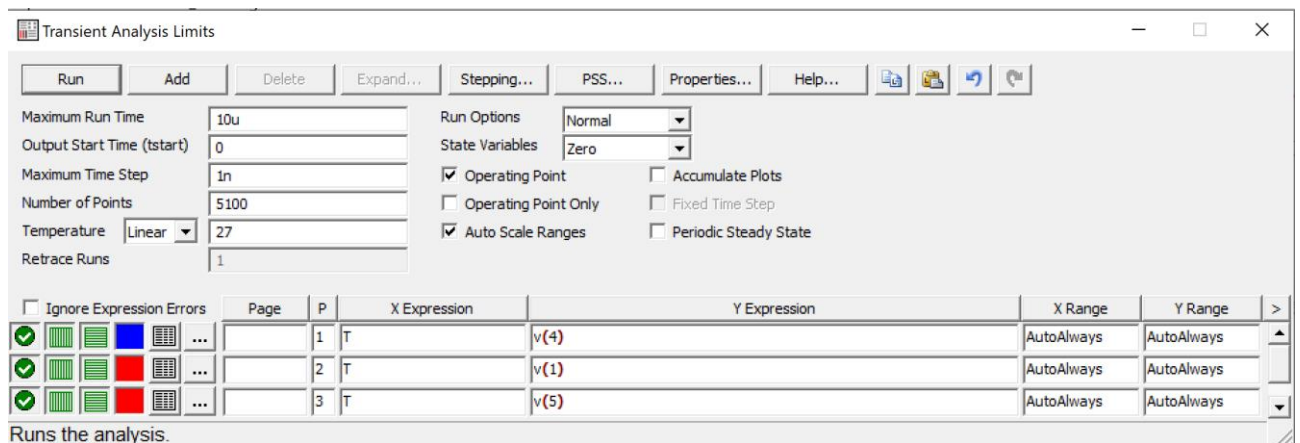
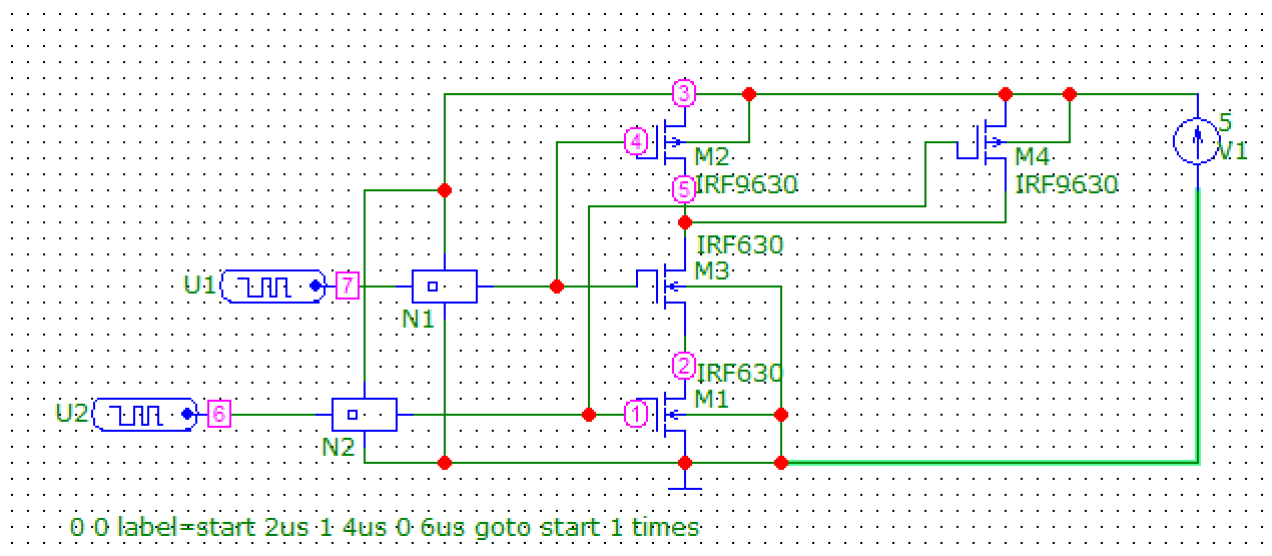


Схема работает неудовлетворительно, что связано с преобразованием цифрового сигнала в аналоговый, для исправления добавим ЦАП в схему:



Проверим работу модифицированной схемы:

Transient Analysis Limits

Run Add Delete Expand... Stepping... PSS... Properties... Help...

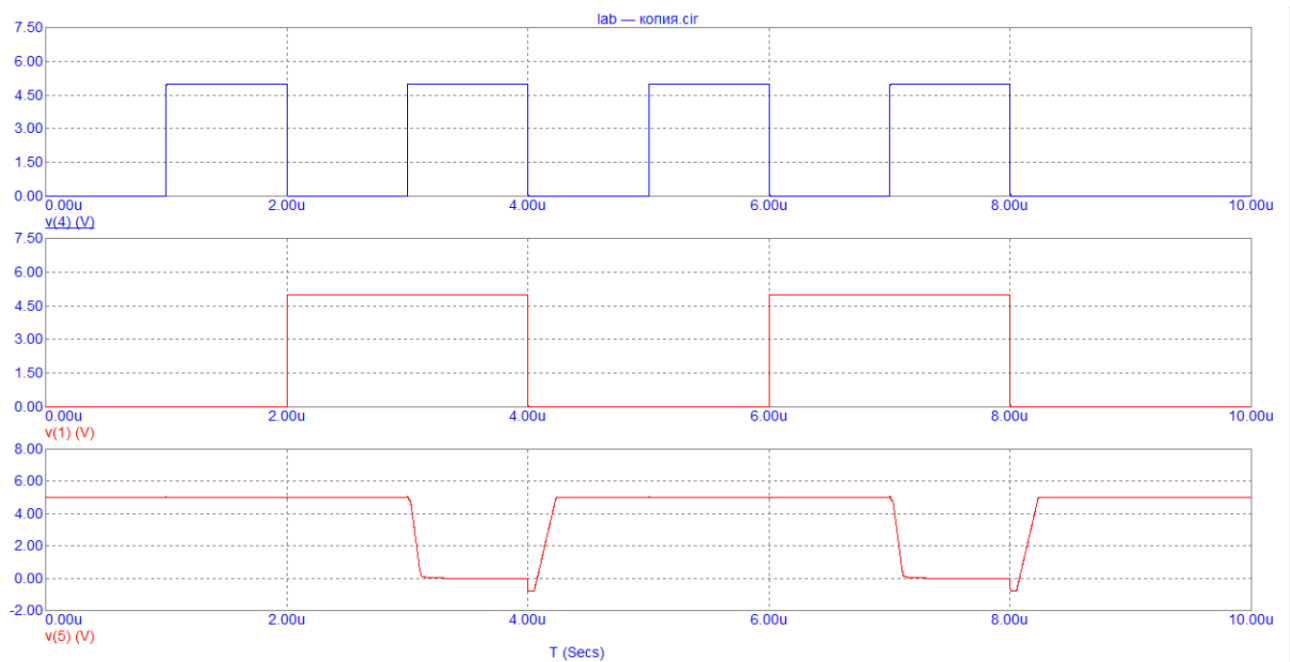
Maximum Run Time: 10u
Output Start Time (tstart): 0
Maximum Time Step: 1n
Number of Points: 5100
Temperature: Linear 27
Retrace Runs: 1

Run Options: Normal
State Variables: Zero

☒ Operating Point ☐ Accumulate Plots
☐ Operating Point Only ☐ Fixed Time Step
☒ Auto Scale Ranges ☐ Periodic Steady State

☐ Ignore Expression Errors

Page	P	X Expression	Y Expression	X Range	Y Range
1	T	v(4)	AutoAlways	AutoAlways	
2	T	v(1)	AutoAlways	AutoAlways	
3	T	v(5)	AutoAlways	AutoAlways	

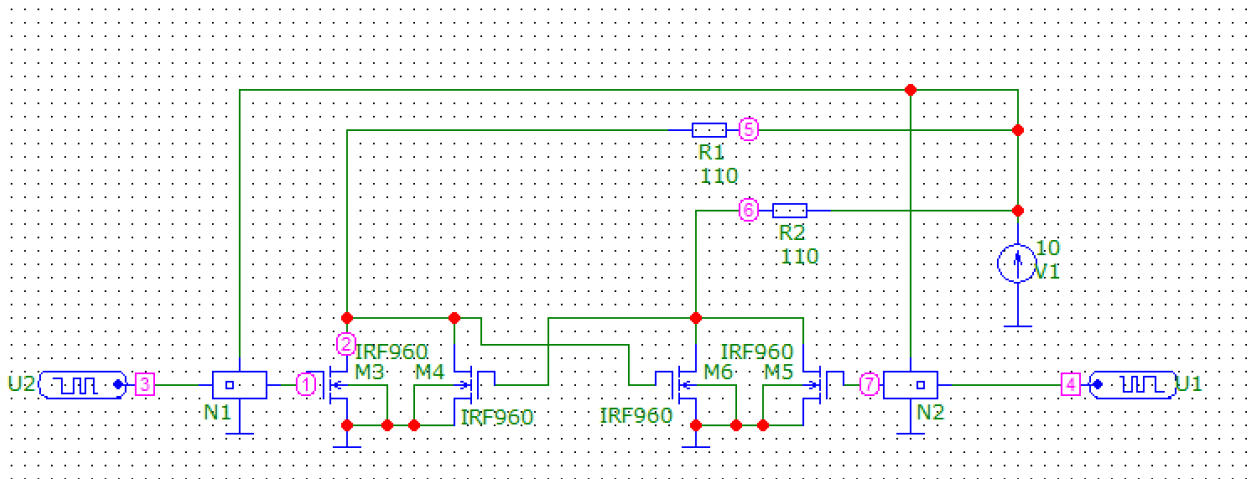


Графики сигналов совпадают с таблицей истинности 2И-НЕ, что подтверждает правильность работы схемы.

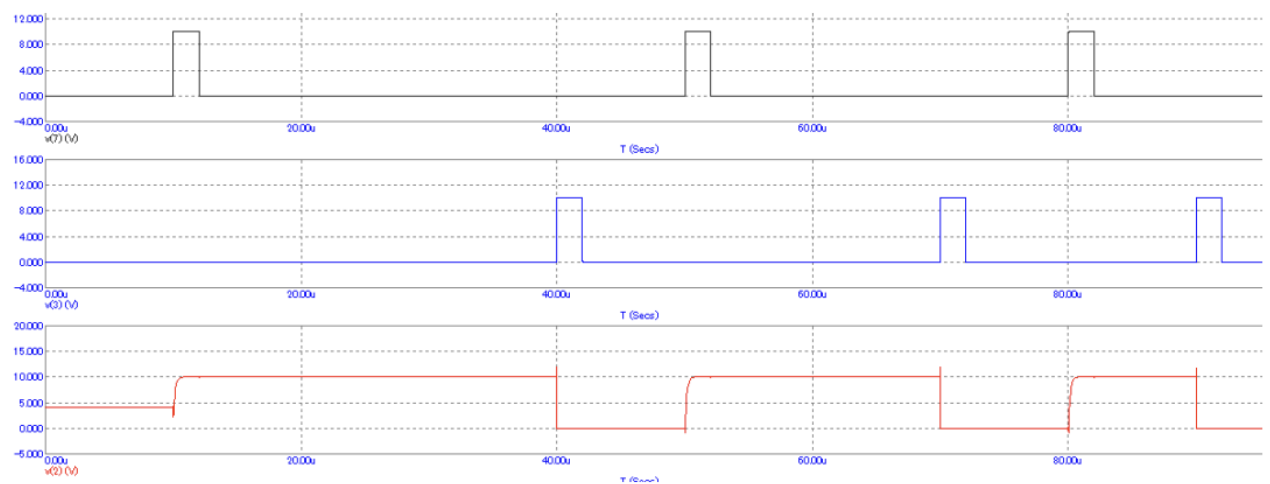
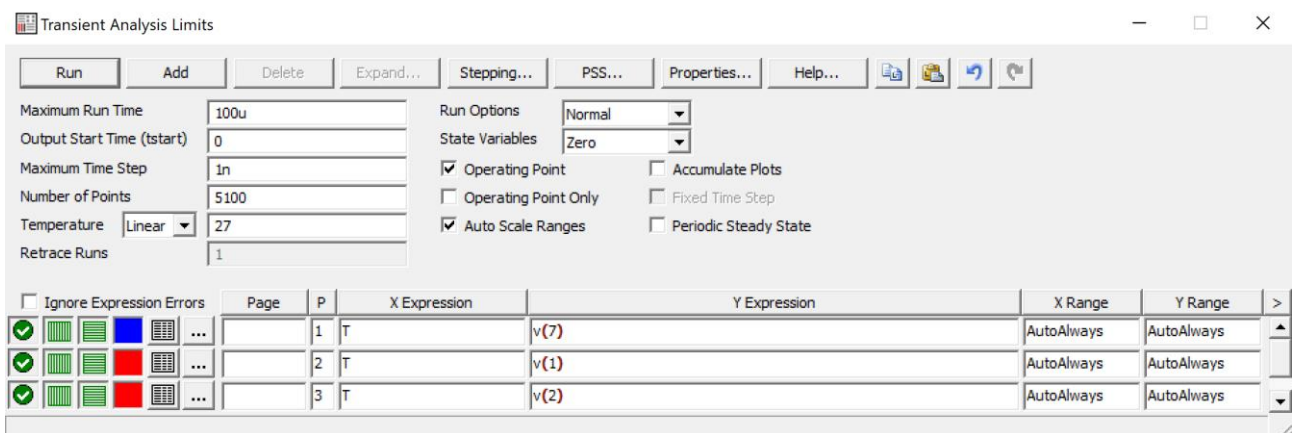
X	Y	2И-НЕ
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Эксперимент 9

Соберём базовый триггер на NMOS:



С помощью режима Transient Analysis проверим его работу:



Триггер работает правильно.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Были выполнены все задачи, описанные выше, таким образом были получены и проанализированы характеристики JFET и MOS транзисторов.